

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-048019

(43)Date of publication of application : 20.02.1998

(51)Int.Cl.

G01F 1/84

(21)Application number : 09-125919

(71)Applicant : OVAL CORP

(22)Date of filing : 15.05.1997

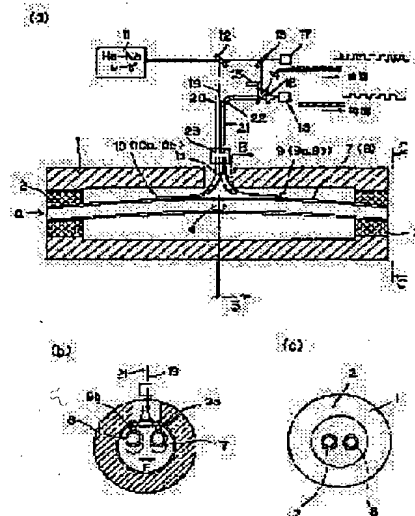
(72)Inventor : SAITO MASAYUKI

(54) CORIOLIS FLOW METER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a phase difference signal of a vibration tube in proportional to Coriolis force from electromagnetic noise at a driving portion and temperature influence of a measuring fluid.

SOLUTION: Support bases 9a and 9b and support bases 10a and 10b of an optical cable are mounted at symmetrical positions from a driving portion 4 of vibration tubes 7 and 8 to be electromagnetic driven, and each optical cable for light projection or light reception are opposed thereto on one line in a vibration direction. A laser light from a laser light source 11 and a light reflected by a half mirror 12 are projected at optical fiber 19 and 20 on the light projection side. The laser light of the optical fibers 21 and 22 on the light reception side transmits the half mirror 14 and is collected, and an interference stripes whose number is in proportional to the Coriolis force is detected by a light detector 18. The laser light from the laser light source 11 transmitting the half mirrors 12 and 13 and the laser light on the light reception side reflected by the half mirror 13 are light interfered therewith, and the interference stripe of a period in proportional to a drive frequency is detected by the light detector 17.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

15.05.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2826101

[Date of registration]

11.09.1998

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-48019

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 F 1/84

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 F 1/84

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-125919

(62) 分割の表示 特願平4-30228の分割

(22) 出願日 平成4年(1992) 1月20日

(71) 出願人 000103574

株式会社オーバル

東京都新宿区上落合3丁目10番8号

(72) 発明者 斉藤 正之

東京都新宿区上落合3丁目10番8号 株式会社オーバル内

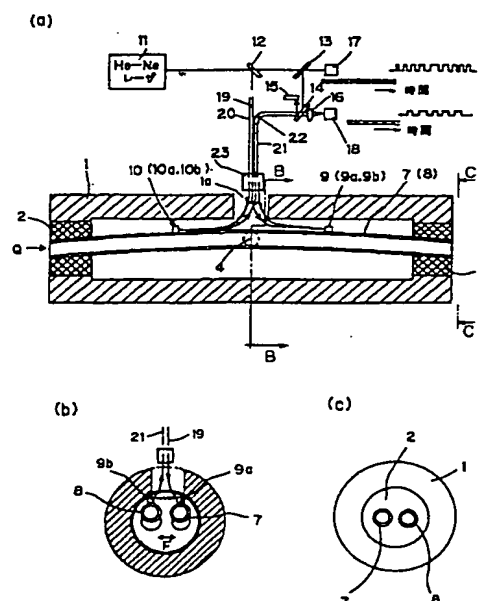
(74) 代理人 弁理士 高野 明近 (外1名)

(54) 【発明の名称】 コリオリ流量計

(57) 【要約】

【課題】 コリオリの力に比例した振動管の位相差信号を、励振部の電磁ノイズや測定流体の温度影響を受けないようにする。

【解決手段】 電磁駆動される振動管7と8の励振部4からの対称位置に光ケーブルの支持台9aと9bおよび支持台10a、10bとを取り付け、各々投光用、受光用光ケーブルを振動方向に一線上に対向させる。投光側の光ファイバ19、20にはレーザー光源11からのレーザー光をハーフミラー12で反射した光を投光する。受光側の光ファイバ21、22のレーザー光がハーフミラー14を透過し集光され、コリオリの力に比例した数の干渉縞が光検出器18で検知される。また、ハーフミラー12、13を透過したレーザー光源11からのレーザー光とハーフミラー13で反射した受光側のレーザー光とが光干渉し、駆動周波数に比例した周期の干渉縞を光検出器17で検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 離間した2点で支持された2本の振動管と、該振動管を支持位置まわりに交番駆動する駆動手段を有し、該駆動手段と前記2点で支持された位置までの前記振動管に、前記2本の振動管間を対向するように設置された各々対をなした光ケーブルの支持台と、該各々対をなした支持台を結ぶ線上に、対向して配設された投光用、受光用光ケーブルと、前記投光用光ケーブルに投光するレーザー光源と、該レーザー光源からのレーザー光と一方の前記受光用光ケーブルからのレーザー光との干渉縞から、前記振動管の駆動周波数と振幅を検知する振動検出手段と、双方の受光用光ケーブルからのレーザー光の干渉縞の数からコリオリの力を検知する質量流量検出手段とから構成したことを特徴とするコリオリ流量計。

【請求項2】 前記投光用光ケーブルの支持台に凸面鏡を、前記受光用光ケーブルの支持台に凹面鏡を設け、該投光用光ケーブルからの前記レーザー光を前記凸面鏡と前記凹面鏡とで反射させ、該反射したレーザー光を前記受光用光ケーブルに伝送することを特徴とする請求項1に記載のコリオリ流量計。

【請求項3】 前記投光用光ケーブルの支持台の近傍で、該投光用光ケーブルと前記受光用光ケーブルとの間の光軸上に凹レンズを設けたことを特徴とする請求項1に記載のコリオリ流量計。

【請求項4】 各々の前記受光用光ケーブルの支持台に光反射体を設け、該光反射体で反射された前記レーザー光を前記投光用光ケーブルを介して受光することを特徴とした請求項1に記載のコリオリ流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はコリオリ流量計に関し、より詳細には、流体が流れる振動管に作用するコリオリの力に比例した位相差信号を、レーザー光の干渉縞の単位時間当りの数から求める光検出器を有するコリオリ流量計に関する。

【0002】

【従来の技術】 被測定流体が流れる流管の一端又は両端を支持し、流管を該流管の流れ方向と垂直な方向に支持点回りに加振したとき、該流管（振動管）に作用するコリオリの力が質量流量に比例することを利用した質量流量計（コリオリ流量計）は周知である。従って、振動管はコリオリ流量計における要部をなすもので、流量計の特性を決定づけるものである。振動管の形状は湾曲管と直管とに大別される。湾曲管方式のものはコリオリの力を有効に取り出すための形状を選択できる点で高感度の質量流量検出ができるが、形状が大きくなるという短所がある。これに対して、直管方式の振動管は管軸が流れ方向に配置されるので、形状は小さくなるが反面、感度が低く、S/N比が低下するので外乱に対し配慮しなければ

ならない短所がある。

【0003】 本発明に関連した公知文献として、特開昭62-238419号公報における「流れを連続的に測定するための装置および方法」がある。これは、平行に両端支持された直管を振動管としたコリオリ流量計に関するものであり、これを以下に説明する。

【0004】 図5は、従来の直管式のコリオリ流量計を説明するための図で、図中、40、45は支持部材、41、46はフランジ、42は流入口、47は流出口、43、44、48、49は分岐管、50a、50bは振動管、51は励振器、52、53は検出器、54は変換器である。

【0005】 図5において、支持部材40と45とは左右対称形で、各々流入口42、流出口47に連通した分岐管43、44と分岐管48、49とを有し、分岐管43と48および分岐管44と49との間には同寸の直管である振動管50aと50bとが互いに平行して連通し固着支持されている。該振動管50aと50bとの中央部にはコイル51aとコア51bとからなる励振器51が設けられ、コイル51aは振動管50a側に、コア51bは振動管50b側に、コア51bがコイル51aの中央に挿入されるように配設され、更に、振動管50aと50bにおける励振器51と支持部材40と45との支持点の間には、磁石52aとコイル52bとからなる検出器52と、磁石53aとコイル53bとからなる検出器53とが配設されている。これら検出器52と53および励振器51は変換器54に接続されている。

【0006】 図5に示したコリオリ流量計は、まず、変換器54により励振器51のコイル51aが駆動され、検出器52又は53の何れかの検出コイルに出力する検出電圧を変換器54にポジティブフィードバックする閉路を形成して、コイル51aがコア51bを吸引反撥するように一定振幅に制御され、振動管50aと50bとは反射位相で加振される。加振により流体が流れる振動管50aと50bとは、支持点に対して互いに反対の回転方向の駆動を受けるので、検出器52と53とは励振による振動検出信号と前記回転角速度および質量流量のベクトル積に比例したコリオリの力が重畳され、コリオリの力は反対位相であるから、検出器52と53との間にはコリオリの力に比例する位相差信号が検出され、変換器54により位相差信号から質量流量に変換出力される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 上述した従来のコリオリ流量計は振動管50aと50bとが直管であり、各々は支持部材40と45とにより平行に支持されている。更に、支持部材40と45とはフランジ41と46とにより流管に接続される。従って振動管50aおよび50bには振動により軸方向に張力又は圧縮力が作用してい

る。一方、振動管50a, 50bには測定流体が等流量に分流しており、質量流量を検知するために中央部で励振器51により加振される。この結果、支持部材40と45とは加振周波数の2倍の周波数の引張応力が作用する。しかし、測定流体は目的に応じて温度や圧力条件が異なるので、振動管50a, 50bには軸方向、管壁面方向に応力が作用し、これらの応力は、振動管50a, 50bの固有振動数を変化させる要因となる。振動管の固有振動数の変化は、コリオリの力の発生原理に基づいて求めようとする。質量流量に誤差を生じさせる。また、両端支持された直管の曲げ剛性が大きいのでコリオリの力による直管の変形も小さく従って感度が低いので、検出器52, 53の検出信号はSN比が優れていることが要求される。しかし、検出器52, 53は電磁駆動される励振器51の近傍にあり、検出コイルを有する検出器52, 53は励振器51等からの電磁ノイズを受ける。また、検出器52, 53は振動管を流れる流体温度影響を受け、コイルのインピーダンス変化や磁束の変化が生じ、一对の検出器が異なる変化である場合は温度影響によるドリフトの発生が生じ、SN比の優れた高感度の信号を出力することに問題があった。

【0008】本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、測定流体の条件により測定精度が影響されることなく、高感度で、電磁ノイズの影響を受けない光検出器を有するコリオリ流量計を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、離間した2点で支持された2本の振動管と、該振動管を支持位置まわりに交番駆動する駆動手段を有し、該駆動手段と前記2点で支持された位置までの前記振動管に、前記2本の振動管間を対向するように設置された各々対をなした光ケーブルの支持台と、該各々対をなした支持台を結ぶ線上に、対向して配設された投光用、受光用光ケーブルと、前記投光用光ケーブルに投光するレーザー光源と、該レーザー光源からのレーザー光と一方の前記受光用光ケーブルからのレーザー光との干渉縞から、前記振動管の駆動周波数と振幅を検知する振動検出手段と、双方の受光用光ケーブルからのレーザー光の干渉縞の数からコリオリの力を検知する質量流量検出手段とから構成したことを特徴とし、もって、高感度で外部からの電磁ノイズや測定流体の温度影響を受けない光検出器を備えるようにしたものである。

【0010】請求項2の発明は、請求項1に記載のコリオリ流量計において、前記投光用光ケーブルの支持台に凸面鏡を、前記受光用光ケーブルの支持台に凹面鏡を設け、該投光用光ケーブルからの前記レーザー光を前記凸面鏡と前記凹面鏡とで反射させ、該反射したレーザー光を前記受光用光ケーブルに伝送することを特徴とし、もって、送受光用の光ファイバーの位置調整を簡略化し効

率のよい光検出を可能となるようにしたものである。

【0011】請求項3の発明は、請求項1に記載のコリオリ流量計において、前記投光用光ケーブルの支持台の近傍で、該投光用光ケーブルと前記受光用光ケーブルとの間の光軸上に凹レンズを設けたことを特徴とし、もって、送受光用ファイバーが多少の取り付け精度が低下しても光検出を可能にするものである。

【0012】請求項4の発明は、請求項1に記載のコリオリ流量計において、各々の前記受光用光ケーブルの支持台に光反射体を設け、該光反射体で反射された前記レーザー光を前記投光用光ケーブルを介して受光することを特徴とし、もって、各々対をなす光ケーブルの受光用の光ケーブルをなくし、安価で効率よく受光できるようにするものである。

【0013】

【発明の実施の形態】

(請求項1の発明) 図1は、請求項1の発明の実施形態を説明するための図で、図1(a)は、図1(b)の矢視A-A線断面図、図1(b)は、図1(a)の矢視B-B線断面図、図1(c)は、図1(a)の矢視C-C線断面図であり、図中、1は筒状体、2は支持部材、4は励振器、7, 8は振動管、9(9a, 9b), 10

(10a, 10b)は光ケーブルの支持台、11はレーザー光源、12, 13, 14は半透明鏡(以後、ハーフミラーと呼ぶ)、15は遮蔽板(以後、シールド板と呼ぶ)、16はレンズ、17, 18は光検出器、19, 20, 21, 22は光ケーブル、23は光コネクタである。図1(a)に示すコリオリ流量計は、同じ寸法で等しい曲率半径で湾曲した振動管7, 8を筒状体1内に支持部材2, 2で両端支持され、湾曲面が平行で各々の曲率中心が筒状体1の軸に関し同一方向にあるように配置したもので、測定流体は矢印Q方向に均等に流入する。

励振器4は電磁コイルとコアとからなり、該励振器4のコイルとコアとは振動管7と8とに固着されて矢印F方向に互いに近接・反撥するように駆動される。光ケーブルの支持台9は光ケーブルの支持台9aと9bを対とし、光ケーブルの支持台9aは振動管7に、光ケーブルの支持台9bは振動管8に振動管7, 8の軸と直角に交わる面で振動の矢印Fで示す直線上に固定される。同様に、光ケーブルの支持台10は光ケーブルの支持台10aと10bを対とし、光ケーブルの支持台10aは振動管7に、光ケーブルの支持台10bは振動管8に矢印Fで示す振動方向の直線上に固着される。また、光ケーブルの支持台9aには投光用光ケーブル19が、光ケーブルの支持台9bには受光用光ケーブル21が共通した直線上の光路を有するように固着される。同様に、光ケーブルの支持台10aには投光用光ケーブル20が、光ケーブルの支持台10bには受光用光ケーブル22が光投受可能に対向して固着されている。光ケーブル19～22は、例えば、単一モード光ファイバであり、円筒体

1の筒壁に開口する透孔1aを貫通して円筒体1の外部に設けた光コネクタ23に接続されている。なお、図1の説明において、振動管7, 8は湾曲管であるが、同径2本の平行管または、異径の同軸な直管であってもよい。また、振動管の材質としては、互いに同材質で線膨張率がほぼ等しいものが望ましい。

【0014】レーザー光源11は、He-Ne（ヘリウム・ネオン）レーザー等の単一周波数のコヒーレント光を放射する光源で、レーザー光源11から放射したレーザー光はハーフミラー12で反射され、同時に光ケーブル19, 20に分離されて投光される。投光用光ケーブル19側のレーザー光は、光ケーブルの支持台9aと9bとの間を空間伝播して受光用光ケーブル21を通りハーフミラー14に達する。ハーフミラー14を透過したレーザー光はレンズ16に入射する。このときハーフミラー14で反射されたレーザー光はシールド板15で遮光される。

【0015】また、他の投光用光ファイバー20側のレーザー光は光ケーブルの支持台10aと10bとの間を空間伝播して受光用光ファイバー22に伝送されハーフミラー14を透過したレーザー光はレンズ16に入射する。そして前記光ケーブル21からのレーザー光と光干渉して検出位置における位相変位差に比例した単位時間当りの干涉縞の数の明暗を光検出器18で検知し電気変換して振動管7と8とのコリオリの力に応じた電気信号が得られる。また、受光用光ケーブル22からのレーザー光がハーフミラー14で反射し、再びハーフミラー13で反射され、該反射レーザー光は、ハーフミラー12, 13を透過したレーザー光源11からのレーザー光と光干渉して干涉縞を形成し、振動管7, 8の振幅と固有振動数とが光検出器17により検知される。

【0016】上述の振動管7, 8の振幅と固有振動数の光検出方式を図に基づいて説明する。図2は、振動管の振幅と固有振動数を検出する原理説明図で、図2(a)は光ファイバー支持台10間のレーザー光の伝播を示す図、図2(b)は干涉縞と振動振幅および振動周波数との関係を示す図である。図2(a)に示すごとく光ファイバー支持台10aと10bとの位置における振動管7と8の振動は、斜線(A), (B)と点線(A'), (B')で示すように各々振幅a, bをもって吸引、反撥が繰返される。この振動に従って、光ケーブル支持台10aと10bとの間のレーザー光の空間伝播距離が変化する。空間距離の変化速度は、励振に従って図2

(b)のSに示すように正弦波状に変化する。この変化速度は、単位時間当りの変位量であるから、レーザー光源11からのレーザー光と干渉して速度に比例した密度をもった干涉縞が光検出器17に入射される。即ち、中間点Pでは最高速度で干涉縞の密度も最大となり、A, Bの折返し点では最低速度で干涉縞の密度は最小となる。これを電気変換したパルスCのパルス幅変換信号が

ら折返し点A, Bを検知して1振幅当りの時間、すなわち振動周波数が検知される。

【0017】また、パルスCに基づいて算出された周期で1秒間に発生した干涉縞の数（パルスCの数）を除算することにより、振動管7, 8の振動振幅の大きさが算出される。この振幅信号は振幅制御信号として利用される。

【0018】一方、受光用光ケーブル21, 22からハーフミラー14を透過したレーザー光は、振動管7, 8の光ケーブル支持台9, 10における空間伝播距離差による干涉縞となり、レンズ16を介して光検出器18に入射して、干涉縞の数に比例した電気信号パルスとして検出される。このパルス信号は振動管7, 8を流れる流体に作用するコリオリの力に基づく位相差信号であるから、例えば、1周期当りのパルスの数として質量流量を求めることができる。

【0019】（請求項2の発明）請求項2の発明は、各々の光ケーブルの支持台9と10において、投光、受光する一対の光ケーブル19と21および光ケーブル20と22をそれぞれ同一線上に配置するのではなく、反射角度調整可能な、例えば、凸面鏡と凹面鏡の光反射体を介して送受光するようにしたものである。

【0020】図3(a)は、請求項2の発明の実施形態を説明するための部分断面図であり、図中、9c, 9dは支持板、30aは凸面鏡、30bは凹面鏡であり、図1と同様の作用をする部分には、図1の場合と同じ参照番号を付してある。

【0021】図3(a)においては、光ケーブルの支持台9aには凸面鏡30aが、光ケーブル支持台9bには凹面鏡30bが、各々45°の互いに逆傾斜をもって対向するように設けられている。また光ケーブルの支持台9aと9bとは各々支持板9cと9dとが一体に固着され、各々光ケーブル19と21とを互いに平行に凸面鏡30aと凹面鏡30bとに支持し、光ケーブル19から出射したレーザー光が凸面鏡30aで反射して凹面鏡30bに伝播し、反射光が光ケーブル21に入射するようにしている。この光路によると凸面鏡30aの散乱角により散乱されたレーザー光は凹面鏡30bで集光され、集光角を選ぶことにより組立精度範囲の集光が可能となる。

【0022】（請求項3の発明）請求項3の発明は、投光用光ケーブルの支持台と受光用光ケーブルの支持台との間で、投光用光ケーブルの支持台近傍に凹レンズを設けて、投光したレーザー光を散乱させ多少光損失があっても受光用の光ケーブルに受光可能にしたものである。

【0023】図3(b)は、請求項3の実施形態例を説明するための部分図であり、図中、30cは凹レンズであり、同様の作用をする部分には図1の場合と同一の参照番号を付してある。図3(b)においては、光ケーブル19と21は対向して各々光ケーブルの支持台9a, 9

bに固着されているが、投光用光ケーブル19の支持台9aと受光用光ケーブル21の支持台9bに、支持台9bの近くの光路上に凹レンズ30cを設けることにより投光されたレーザー光は散乱され、散乱光は受光用光ケーブル21に所定面積に拡大されて入射されるので、多少の取付位置精度が低下しても正しく受光できる。また、図3(a)、(b)において光ケーブル19、21は各々支持台9a、9bに固着することにより湾曲管7と8とに固定されたが、円筒体1に固着しておく光ケーブルは振動されずに保持にも都合がよい。

【0024】(請求項4の発明)請求項4の発明は、受光用光ケーブルの支持台に光反射体を設け、投光用光ケーブルから光反射体に向けて投光したレーザー光が、該光反射体で反射され投光用光ケーブルで受光するようにしたものである。

【0025】図4は、請求項4の発明の実施形態例を説明するための部分図であり、図中、24、25、26はハーフミラー、27は反射鏡ミラー、28、29は光ケーブル、30、31は反射体で、図1と同様な作用する部分には図1の場合と同一の参照番号を付してある。

【0026】図4に示した光検出方式は、投受光の光ケーブルを一本で行う方式のものである。レーザー光源11から発射されたレーザー光は、ハーフミラー24、25を透過して光ケーブル28と29とに分岐されて、各々光ケーブルの支持台9a、10aの位置から空間伝播されて鏡、プリズム等の反射体30、31により反射され各々の光ケーブル28と29を伝送されハーフミラー25に達する。ハーフミラー25で反射された流出側の光ケーブル28のレーザー光はシールド板15により遮断されるが、流入側の光ケーブル29からのレーザー反

射光は、ミラー27とハーフミラー26とを通過してレ

ーザー光源11からのレーザー光とで干渉縞を形成し、該干渉縞を光検知器17により検知して電気信号に変換し、該電気信号から振動管7、8の振動数及び振幅を求める。また、ハーフミラー25と24を透過した光ケーブル28、29からのレーザー光はレンズ16を介して質量流量に応じた干渉縞の明暗光を作り、該明暗光を光検出器18により検知して電気信号に変換し、該電気信号から振動管7、8間の位相差に応じた質量流量を求める。

【0027】

【発明の効果】請求項1に対応する効果：離間した2点で支持された2本の振動管と、該振動管を支持位置まわりに交番駆動する駆動手段を有し、該駆動手段と前記2点で支持された位置までの前記振動管に、前記2本の振動管間を対向するように設置された各々対をなした光ケーブルの支持台と、該各々対をなした支持台を結ぶ線上に、対向して配設された投光用、受光用光ケーブルと、該投光用光ケーブルに投光するレーザー光源と、該レ

ーザー光源からのレーザー光と一方の前記受光用光ケーブルからのレーザー光との干渉縞から、振動管の駆動周波数と振幅を検知する振動検出手段と、双方の受光用光ケーブルからのレーザー光の干渉縞の数からコリオリの力を検知する質量流量検出手段とから構成したので、電磁駆動される励振器等からの電磁ノイズを受けることなく、高感度、高精度に駆動周波数およびコリオリ力に比例した位相差信号を検出することができる。

【0028】請求項2に対応する効果：請求項1に記載のコリオリ流量計において、前記投光用光ケーブルの支持台に凸面鏡を、前記受光用光ケーブルの支持台に凹面鏡を設け、該投光用光ケーブルからの前記レーザー光を前記凸面鏡と前記凹面鏡とで反射させ、該反射したレーザー光を前記受光用光ケーブルに伝送するようにしたので、投受光の光ファイバーの位置合せの調整が省ける。

【0029】請求項3に対応する効果：請求項1に記載のコリオリ流量計において、前記投光用光ケーブルの支持台の近傍で、該投光用光ケーブルと前記受光用光ケーブルとの間の光軸上に凹レンズを設けたので、多少の取付位置精度が低下しても正しく受光することができる。

【0030】請求項4に対応する効果：請求項1に記載のコリオリ流量計において、各々の前記受光用光ケーブルの支持台に光反射体を設け、該光反射体で反射された前記レーザー光を前記投光用光ケーブルを介して受光するようにしたので、受光用の光ケーブルが不要となり、更に、反射体の取付け位置の姿勢を調整することにより効率よく、投受光が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 請求項1の発明の実施形態を説明するための図である。

【図2】 振動管の振幅と固有振動数を検出する原理説明図である。

【図3】 (a)は請求項2の発明の実施形態例を説明するための部分図であり、(b)は請求項3の発明の実施形態を説明するための部分断面図である。

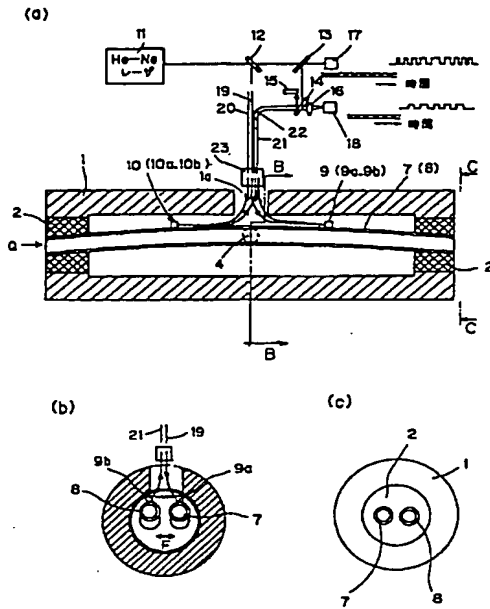
【図4】 請求項4の発明の実施形態例を説明するための部分図である。

【図5】 従来の直管式のコリオリ流量計を説明するための図である。

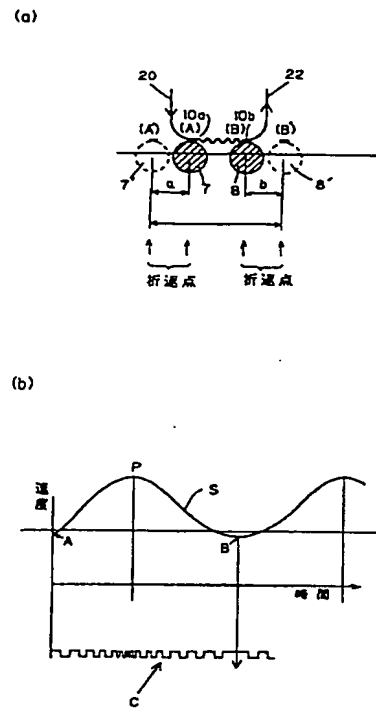
【符号の説明】

1…筒状体、2…支持部材、4…励振器、7、8…振動管、9(9a、9b)、10(10a、10b)…光ケーブルの支持台、11…レーザー光源、12、13、14…半透明鏡(ハーフミラー)、15…遮蔽板(シールド板)、16…レンズ、17、18…光検出器、19、20、21、22…光ケーブル、23…光コネクタ、24、25、26…ハーフミラー、27…反射鏡ミラー、28、29…光ケーブル、30、31…反射体、30c…凹レンズ。

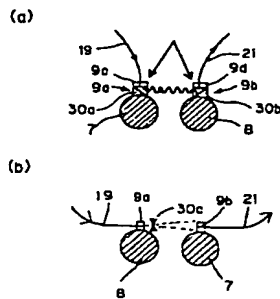
【図1】



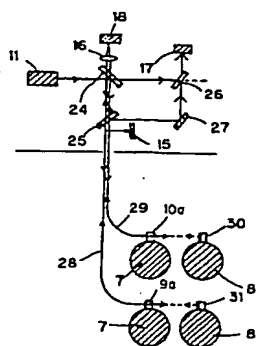
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

